Ciencia e Ingeniería
Revista Interdisciplinar de Estudios en Ciencias Básicas e Ingenierías.
Año 2016, Julio-Diciembre, Vol. (3) N° (2) ISSN 2389-9484.
Universidad de La Guajira, Facultades de Ciencias Básicas y Aplicadas e Ingeniería.
La Guajira-Colombia.
Revista en Línea http://revistas.uniguajira.edu.co/index.php/cei



CIANOBACTERIAS: UNA ALTERNATIVA PARA AUMENTAR LA COMPETITIVIDAD AGRÍCOLA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA DE LA GUAJIRA COLOMBIANA

CIANOBACTERIAS: AN ALTERNATIVE TO INCREASE THE AGRICULTURAL COMPETITIVENESS AND FOOD SECURITY OF THE COLOMBIAN GUAJIRA

Ruth Hernández Benítez[1] y Daldo Araujo Vidal[2]

1. MSc, Instructora centro Agroempresarial y Acuícola Email:ruthelenahb@misena.edu.co
2. MSc, líder Sennova Centro Agroempresarial y Acuícola. Email: daraujov@misena.edu.co

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Regional Guajira, Colombia

Recibido: Agosto 10 de 2015 Aceptado: Marzo 15 de 2016

RESUMEN

Este trabajo planteó un aislamiento de Cianobacterias presentes en los cultivos de Arroz, con la finalidad de determinar la actividad promotora de crecimiento de estas, bajo condiciones de invernadero en cultivos de Frijol, Maíz y Arroz. Las cianobacterias se obtuvieron del muestreo realizado en los campos arroceros de los municipios de Fonseca, Distracción y Dibulla del departamento de la Guajira. Inicialmente se hizo una identificación de las especies presentes en los suelos de los arrozales. Las cepas se cultivaron en medio BG-11. Las especies encontradas fueron *Gloeocapsa sp*, *Oscillatoria sp* y *Anabaena sp* siendo esta última una de las que aporta mayor cantidad de nitrógeno a la planta, la cual fija nitrógeno de 10 a 50 Kg N/ha/año; sin embargo, fabrica potentes sustancias neurotóxicas. Para determinar la actividad promotora de crecimiento de cianobacterias en las plantas de ají, tomate, frijol, maíz y Arroz se realizaron 4 parcelas experimentales con semillas certificadas. Los lotes utilizados fueron de 1 m2 en el centro Agroempresarial y Acuícola sede Riohacha, los cuales se inocularon dos especies de cianobacterias del género de *Gloeocapsa sp* y *Oscillatoria sp* y fueron comparados frente a un Blanco. Las cianobacterias incrementan la fertilidad del suelo, debido a que son organismos fijadores de Nitrógeno capaces de generar su propio fotosintato el cual las hace especialmente atractiva para ser usadas como biofertilizante.

Palabras clave: Bioprospección microalgal, Cianobacterias, Guajira Colombiana.

ABSTRACT

This work posed an isolation of cyanobacteria present in rice crops, with the purpose of determining the growth promoting activity of these, under greenhouse conditions in Bean, Maize and Rice crops. The cyanobacteria were obtained from the sampling done in the rice fields of the municipalities of Fonseca, Distracción and Dibulla of the department of Guajira. Initially an identification of the species present in the soils of the rice fields was made. Strains were grown on BG-11 medium. The species found were *Gloeocapsa sp*, *Oscillatoria sp* and Anabaena sp being one of the ones that provides the greatest amount of nitrogen to the plant, which fixes nitrogen from 10 to 50 kg N / ha / year; however, it makes potent neurotoxic substances. To determine the growth promoting activity of cyanobacteria in the pepper, tomato, bean, maize and rice plants, four experimental plots with certified seeds were made. The lots

used were 1 m2 at the Agroenterprise and Aquaculture center Riohacha, which were inoculated two species of cyanobacteria of the genus *Gloeocapsa sp* and *Oscillatoria sp* and were compared against a White. Cyanobacteria increase soil fertility because they are nitrogen fixing organisms capable of generating their own photosynthesis which makes them especially attractive for use as a biofertilizer.

Key words: Microalgal bioprospection, Cyanobacteria

I. INTRODUCCIÓN

Los cereales son de los cultivos más importantes en el mundo para alimentación humana, animal y como materia prima en numerosas industrias. El arroz es el segundo cultivo de ciclo corto de mayor importancia económica y social en el país, con alrededor de 460.000 ha sembradas para el año 2011 con una producción cercana a los 2´900.000 ton, valores que en su conjunto representan el 4% del PIB agropecuario y alrededor del 5% del empleo del sector agrícola nacional. El Tratado de Libre Comercio (TLC) con los Estados Unidos plantea nuevos retos para el desarrollo del arroz en el país toda vez que en un periodo de 19 años se llevará a cabo la desgravación arancelaria completa para el arroz importado desde los Estados Unidos. Rafael Hernández Lozano, gerente General de Fedearroz, afirmó que los arroceros disponen de seis años para mejorar la productividad, o el pacto bilateral podría llevar a la quiebra al sector arrocero. Hernández resaltó la importancia de disminuir los costos para incrementar la producción si se quiere competir con el mercado estadunidense, en Colombia producir una tonelada de arroz cuesta alrededor de 444 dólares, mientras que en Estados Unidos dicho valor no supera los 265 dólares (El Nuevo día, 2012). Igualmente, el cultivo intensivo de arroz ha conducido a un deterioro constante de las propiedades físicas y químicas del suelo (Fedearroz, 2000). Esto ha incrementado el uso de fertilizantes inorgánicos los cuales representan el 20% de los costos de producción (Fedearroz, 2012) y cuyo precio, en especial la fertilización nitrogenada, ha duplicado su precio en la última década debido a la fluctuación del precio del petróleo (USDA, 2012).

Los fertilizantes nitrogenados presentan una baja asimilación (50%), lo que genera problemas ambientales como la eutroficación de aguas, la producción de gases de invernadero como N2O, NO y NH3 como lo mencionan (Kennedy et al., 2004; Adesemoye et al., 2009) y problemas en salud humana que van desde enfermedades respiratorias hasta la generación de enfermedades cancerígenas según, (Ladha y Reddy, 2003). Por otra parte, el crecimiento de la demanda alimenticia por el arroz ha

sobrepasado el crecimiento de la producción del arroz en las últimas décadas, esto ha conducido a la disminución de reservas de arroz y limitaciones de exportación del grano por lo que es necesario aumentar la producción mundial por área sembrada, como lo plantea (Seck et al., 2012).

El departamento de la Guajira no es ajeno a la problemática anterior y enfrenta profundos problemas de inseguridad alimentaria debido a la baja competitividad de su sector agrícola. Dentro de las principales causas se encuentra la falta de asistencia técnica, el desconocimiento de nuevas tecnologías que permiten hacer más eficiente el uso de los recursos y la utilización inapropiada de sus suelos. Las Microalgas son organismos unicelulares que pueden ser cultivadas muy rápidamente (Chisti 2008), a diferencia de las plantas poseen una estructura unicelular sin tallos, hojas o raíces permite que la extracción de los productos sea más fácil (Avagyan 2008); del cultivo de estas, la obtención de biomasa es el principal objetivo, ya que posee un gran potencial para resolver problemas como el agotamiento de los recursos no renovables (Miao y Wu 2004; Li et al. 2008). La aplicación de cianobacterias en cultivos agrícolas de interés comercial ha permitido aumentar los rendimientos y productividad de los cultivos, reducir la aplicación de fertilizantes de síntesis química, reducir el estrés hídrico y salinidad en plantas que crecen en condiciones no óptimas y mejorar la calidad del suelo. Igualmente, las cianobacterias empleadas como biofertilizantes se consideran seguras y su uso no resulta perjudicial en procesos ecológicos o ambientales. El objetivo de este proyecto fue desarrollar bioinsumos a partir de cianobacterias con el fin de mejorar la competitividad agrícola y contribuir el manejo sostenible del suelo y la seguridad alimentaria de la zona

El nitrógeno es un nutriente que puede limitar el crecimiento de la planta en los diferentes cultivos, de manera que cualquier forma de aumentar su aporte al sistema o de disminuir sus pérdidas, es importante desde el punto de vista ecológico y económico. Los microorganismos que se utilizan para la fabricación de biofertilizantes son aquellos que establecen interacciones positivas con las plantas y que son de fácil manejo en condiciones industriales (medios de cultivo baratos, crecimiento rápido, etc.). Dentro de los fertilizantes biológicos se diferencian aquellos producidos con microorganismos que fijan N2 y los conocidos como PGPR (promotores del crecimiento) que favorecen la nutrición vegetal por otras vías, por ej. solubilización y traslado de P (Fosforo),

producción de hormonas de enraizamiento para mayor absorción de nutrientes, control de patógenos, etc.

Entre las cianobacterias que se pueden encontrar en los cultivos de Arroz se encuentran:

Oscillatoria sp: se caracteriza por estar formada por largos filamentos de células aplanadas y sin vaina mucilaginosa de color verde oscuro.

Anabaena sp.: Es capaz de fijar el Nitrógeno atmosférico y de realizar la fotosíntesis, fija nitrogeno de 10 a 50 Kg N/ha/año. Fabrica potentes sustancias neurotóxicas -anatoxina, saxitoxina y microcystina- que provocan graves daños en el sistema nervioso, lesiones hepáticas irreversibles o incluso la muerte a los animales que se alimentan de las plantas.

Gloeocapsa sp: crece formando masas mucilaginosas amorfas que habitan sobre superficies rocosas húmedas, también puede desarrollarse en el medio acuático formando parte de las comunidades flotantes. Las células de Gloeocapsa presentan una envuelta firme y gelatinosa que rodea al protoplasto y que suele aparecer teñido de un color verde oliva o verde azulado. Fijan nitrógeno en presencia de O_2.

Una estrategia para aumentar la competitividad del sector agrícola de la Guajira Colombiana es la incorporación de biofertilizantes de cianobacterias. Esta estrategia es ambientalmente amigable ya que permite reducir la aplicación de fertilizantes nitrogenadas hasta en un 50% según, (Prasanna et al., 2012; Pereira et al., 2009), aumentar la asimilación de nutrientes en la planta, incrementar entre el 15-20% la producción de grano de arroz, maíz y frijol bajo condiciones de campo según, (Innok et al., 2009). Igualmente, el uso de cianobacterias permite la captación de gases de invernadero como el CO_2 y la producción de O_2 dice (Herrero y Flores, 2008) y hacer bioprospección de nuestros recursos biológicos. Esta estrategia aún no ha sido implementada en nuestro país como una alternativa del manejo de la fertilización en este cultivo a pesar de los numerosos reportes en países asiáticos como lo plantea (Hashem, 2001) y algunos países de Suramérica (Pereira et al., 2009).

II. METODOLOGIA

- Toma de Muestras: Se realizó tres muestreos.

Primer muestreo: se muestrearon 5 lotes del departamento de la Guajira, en el Municipio de Fonseca, Corregimiento El Hatico. (Ver Imagen 1). De cada lote se tomaron 3 muestras de plantas de arroz aplicando la Técnica de raspado (raspar por medio de una espátula las cianobacterias encontradas en la planta).



Img 1: Muestreo en cultivo de Arroz.

Segundo Muestreo: se muestrearon 2 lotes del municipio de Distracción Guajira, estas muestras fueron tomadas mediante la técnica de raspado utilizando una espátula previamente esterilizada y recolectadas en recipientes de vidrio esterilizados y rotulados.

Tercer Muestreo: se tomaron muestras de suelos en la vereda San Agustín ubicada en el municipio de Fonseca La Guajira, en la cual se encontró que en los cultivos de Maíz y Frijol no hubo crecimiento de cianobacterias debido a que estas requieren gran cantidad de agua para poder proliferar. (Ver Imagen 2, 3).



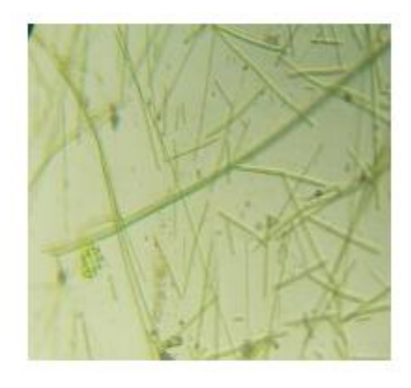


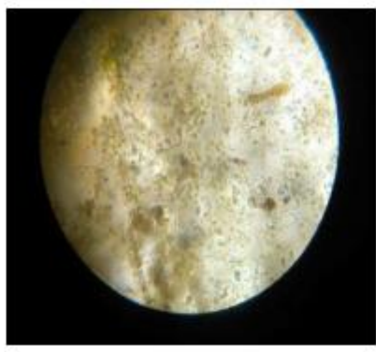


Img 2: Cultivo de Frijol   *Img 3: Cultivo de Maiz*

- Aislamiento y conservación.

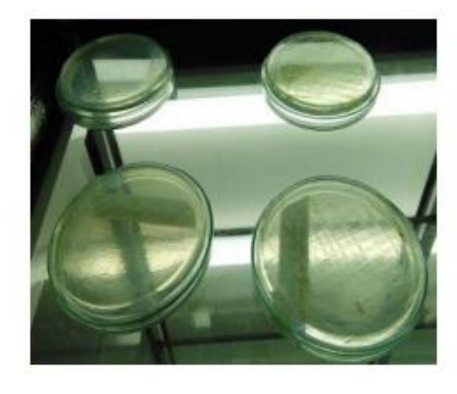
Identificación de cianobacterias: se identificó en el microscopio utilizando un portaobjeto y agregando una muestra por medio de una pipeta Pasteur, se enfocó en objetivo de 10X y 40X.





Img. 4 Gloeocapsa sp Img. 5 Oscillatoria sp

Aislamiento de cianobacterias: luego de identificar las muestras en el microscopio se aisló en tubos eppendoff con 1ml de medio BG11, se observó el crecimiento mediante el color verde característico del pigmento de la clorofila, seguidamente se procedió a escalar en tubos de ensayos de pasta de 50ml utilizando 5ml de medio BG11 y agregando lo obtenido en los tubos eppendoff. Seguidamente se transfirió los tubos de ensayos de pasta a erlenmeyer de 50ml utilizando de 20-30ml de medio BG11 y lo obtenido de los tubos. Finalmente para obtener la cepa de cada género de cianobacteria aislada se realizó una siembra masiva en cajas Petri con medio BG11 sólido.





Img. 6 Aislamiento en Caja de Petri *Img. 7 Aislamiento en Erlenmeyer*

- Diseño experimental de crecimiento de las semillas de arroz, frijol y maíz.

Se tomaron las semillas certificadas de Arroz, Maíz y Frijol y se colocaron en agua para hidratarlas por 24 horas, luego se le realizó desinfección química con solución jabonosa por 3 minutos, hipoclorito al 4% por 1 minuto y agua destilada estéril por 1 minuto; seguidamente se procedió a sembrar las semillas en frascos de vidrio de 500ml estéril, los cuales contienen gasa, algodón, agua y se sellaron con gasa para el intercambio gaseoso y cinta envoplas, realizando la revisión diariamente del crecimiento de las semillas. Se transfirió las plantas a frascos de 3 litros con arena estéril y se le agregó agua, observando el crecimiento.

- Germinación de semillas en bandejas

Se tomaron las semillas certificadas se le realizó hidratación y desinfección química y se preparó el suelo con abono y se procedió a sembrar las semillas en las bandejas, se le realizó mediciones diarias para luego transplantar en el suelo (fig. 1).

Transplante en el suelo

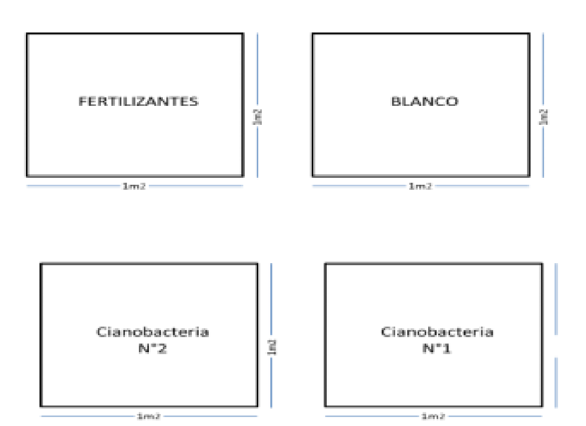


Figura 1. Diseño experimental de los cultivos

Se preparó el suelo con abono, luego se sembró las plantas en las diferentes parcelas de ensayo.

1. CULTIVO DE ARROZ: Se sembraron 25 plantas utilizando el método de voleo en cada parcela de ensayo de 1m2.

2. CULTIVO DE FRIJOL: Se sembraron con cuerda para el alineamiento de la misma, la mejor distancia es de 0,50 m entre surcos y 0,1 m entre plantas, se deben sembrar

200.000 plantas por hectáreas. Se sembraron 6 plantas en cada parcela de ensayo de 1m2.

3. CULTIVO DE MAIZ: Se sembraron cuatro plantas por metro lineal en surco distanciados a 70 cm esto es cuando hay 700 mm de lluvias, se sembraron tres plantas por metro lineal con una distancia de 50 cm; el maíz de forma superficial a no más de 9 cm para un total 4 plantas en cada parcela de ensayo de 1m2.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

Después de realizar una descripción de la metodología empleada en la siembra de los diferentes cultivos de arroz, maíz y frijol, con el objetivo de evaluar su crecimiento con diferentes fertilizantes (Urea, 15-15-15) entre ellos el biofertilizante a base de cianobacterias, se identificaron criterios de comparación como se muestran en los siguientes cuadros 1 y figuras 2

CULTIVO DE ARROZ					
PARAMETRO	FECHA	PARCELA 1 (Urea/KCl)	PARCELA 2 (Oscillatoria sp)	PARCELA 3 (Gloeocapsa sp)	PARCELA 4 (Blanco)
Crecimiento del tallo (cm)	07 de Octubre	30	32	28	29
	14 de Octubre	44,5	51	39,5	39,5
	21 de Octubre	56	64	56	62
	28 de Octubre	68	73	63	63
	04 de Noviembre	81,5	76,5	70	65
	11 de Noviembre	87	85	72	74
	18 de Noviembre	94	95	79	84
	25 de Noviembre	100	101	91	90
Raiz (cm)	14 de Diciembre	22,5	33	24,5	22
Peso Humedo (gr)	14 de Diciembre	280,41	416,8	259.15	191.13
Peso Seco (gr)	18 de Diciembre	125, 72	188,98	127,88	99,9

Cuadro #1. Crecimiento promedio semanal de las plantas de arroz con diferentes fertilizantes

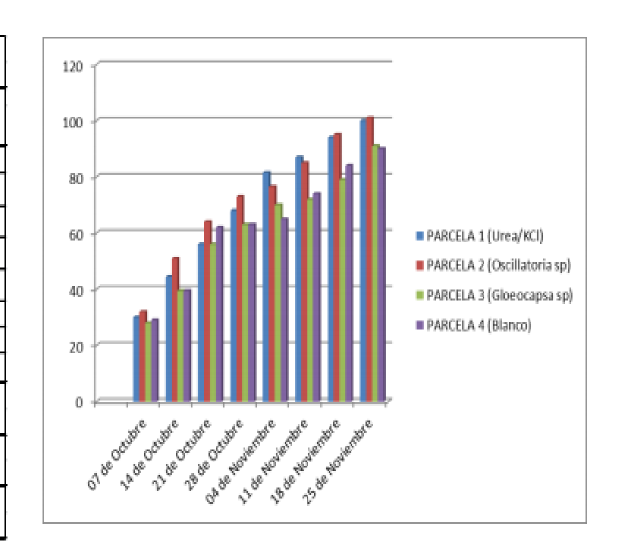


Figura #2. Crecimiento de las plantas de arroz medidas a 8 semanas

Se logró establecer a partir de la investigación, la variabilidad del crecimiento del cultivo de arroz, realizando las respectivas comparaciones al aplicar los fertilizantes convencionales y el biofertilizante a base de cianobacterias.

Como se muestra en los datos graficados se mantuvo un ritmo de crecimiento similar entre las plantas de la parcela 1 y 2, fertilizadas con Urea, KCl y la cianobacteria oscillatoria respectivamente. Mientras que las parcelas 2 y 3 presentaron una diferencia de un 10% en comparación con las dos primeras. Sin embargo aunque no hay mayor diferencia entre el crecimiento de las plantas ubicadas en las parcelas 1 y 2, se nota una diferencia relevante en el peso húmedo (diferencia del 33% a favor de la parcela # 2 fertilizada con Oscillatoria sp) y la longitud de las raíces.

CULTIVO DE MAIZ					
PARAMETRO	FECHA	PARCELA 1 : (Gloeocapsa sp)	PARCELA 2: (Urea)	PARCELA 3 (Oscillatoria)	PARCELA 4 (Blanco)
Crecimiento de Tallo (cm)	20 de Octubre	13	13,6	12,8	12,8
	27 de Octubre	14,2	14	13,6	13,5
	3 de Noviembre	15	15,3	14,5	16
	10 de Noviembre	22,5	20	16,5	19
	17 de Noviembre	29	27	19	21
	24 de Noviembre	43	34	25	24
	1 de Diciembre	69	51	60	45
	8 de Diciembre	146	60	68	56
Número de Hojas	20 de Octubre	4	4	4	5
	27 de Octubre	5	6	6	5
	3 de Noviembre	6	7	6	6
	10 de Noviembre	8	7	7	6
	17 de Noviembre	8	8	7	6
	24 de Noviembre	10	9	8	6
	1 de Diciembre	11	11	9	8
	8 de Diciembre	13	11	11	8
Raíz (cm)	14 de Diciembre	26,4	22,2	17,6	10,7
Peso Humedo (gr)	14 de Diciembre	345,6	150,39	118,03	80,5
Peso Seco (gr)	18 de Diciembre	218,19	98,68	92,14	48,28

Cuadro #2. Crecimiento promedio semanal de las plantas de Maíz con diferentes fertilizantes.

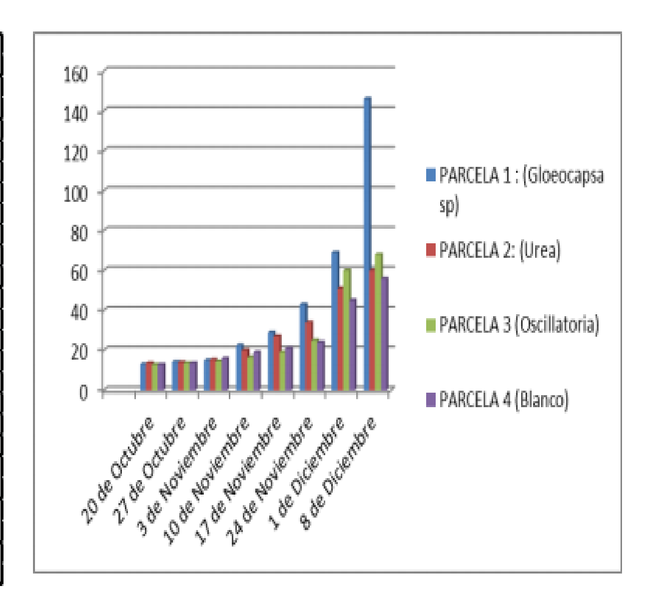


Figura #3. Crecimiento de las plantas de Maíz medidas a 8 semanas.

En el diseño experimental aplicado en el cultivo de maíz se pudo evidenciar que al inocular la cianobacteria del género gloeocapsa sp se aumentó el ritmo de crecimiento, presentando una diferencia del 40% en comparación con el segundo cultivo fertilizado con Urea. Cabe destacar también el nivel de crecimiento del cultivo de la parcela 3 fertilizada con *Oscillatoria sp*. el ritmo de crecimiento en el cultivo de frijol muestra una constante en la experimentación con gloeocapsa sp, oscillatoria y los fertilizantes de urea - triple 15.

CULTIVO DE FRIJOL					
PARAMETRO	FECHA	PARCELA 1 (Blanco)	PARCELA 2 (Urea/15-15-15)	PARCELA 3 (Gloeocapsa sp)	PARCELA 4 (Oscillatoria sp)
Crecimiento de Tallo (cm)	21 de Octubre	10	16	18	12,6
	28 de Octubre	16,2	43	53,4	32,4
	04 de Noviembre	19	77,5	85,4	67
	11 de Noviembre	25,5	98	118	94
	18 de Noviembre	48,6	134,5	145,7	120,5
	25 de Noviembre	60	163,4	178	158,3
	02 de Diciembre	71	183	209	180,4
	9 de Diciembre	75	214	220	210
Número de Hojas	21 de Octubre	4	2	3	3
	28 de Octubre	8	7	7	11
	04 de Noviembre	12	16	10	20
	11 de Noviembre	15	20	21	38
	18 de Noviembre	18	26	32	51
	25 de Noviembre	20	34	45	60
	02 de Diciembre	25	52	67	84
	9 de Diciembre	32	69	84	120
Fruto		3	15	8	6
Raiz (cm)	14 de Diciembre	13,5	14,8	15,3	16,3
Peso Humedo (gr)	14 de Diciembre	13,08	90,05	84,9	97,45
Peso Seco (gr)	18 de Diciembre	8,1	57,11	67,68	59,46

Cuadro #3. Crecimiento promedio semanal de las plantas de Frijol con diferentes fertilizantes.

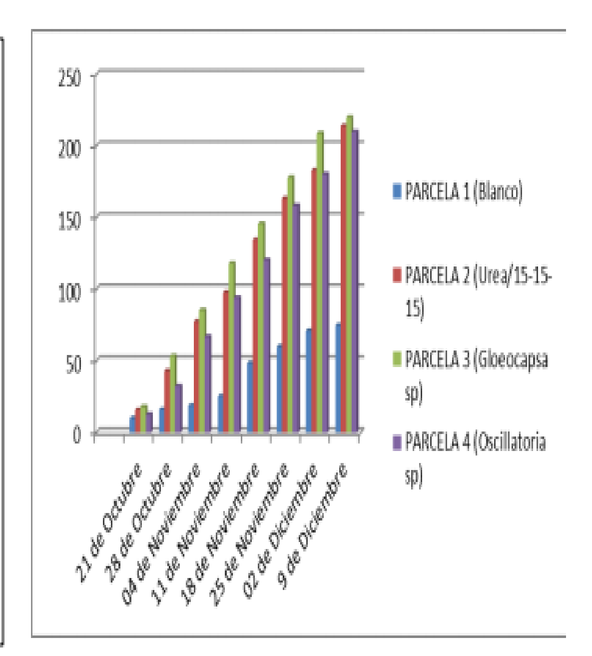


Figura #4. Crecimiento de las plantas de Frijol medidas a 8 semanas

IV. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos han proporcionado información relevante sobre la actividad promotora de las cianobacterias del genero Gloeocapsa sp y Oscillatoria sp. En todos los cultivos se logra observar una constante de crecimiento significativa que da luz sobre la posibilidad de utilizar este método de fertilización orgánica en cultivos de Maíz, Arroz y Frijol.

Es necesario desarrollar más experimentos para complementar y corroborar los datos obtenidos con la intención de determinar la viabilidad del inoculante en los diferentes cultivos con los que se experimentó

PROBLEMAS AMBIENTALES RELACIONADOS CON CIANOBACTERIAS

Inhibición de otros microorganismos debido a la sobrepoblación de cianobacterias

Debido a la densa sobrepoblación de las cianobacterias se puede ver afectado el crecimiento de otros microorganismos que pueden ser colaboradores para el crecimiento del cultivo

Crecimiento de cianobacterias tóxicas dentro del género seleccionado:

Efectos sobre la salud humana

Muchas cianobacterias producen toxinas potentes. Cada toxina tiene propiedades específicas, y algunos de sus efectos perjudiciales específicos son daños hepáticos, neurotoxicidad y oncogenia. Algunos síntomas agudos notificados tras la exposición son: trastornos digestivos, fiebre e irritaciones de la piel.

Especie tóxica	**Cianotoxina**
Posiblemente, *Anabaena* spp.	Anatoxina-a(S), anatoxina-a, microcistinas, saxitoxinas
Anabaenopsis millenii	Microcistinas
Aphanizomenon spp.	Anatoxina-a, saxitoxinas, cilindrospermopsina
Cylindrospermum spp.	Cilindrospermopsina, saxitoxinas, anatoxina-a
Lyngbya spp.	Saxitoxinas, lyngbyatoxinas
Microcystis spp.	Microcistinas, anatoxina-a (cantidades pequeñas)
Nodularia spp.	Nodularinas
Nostoc spp.	Microcistinas
Oscillatoria spp.	Anatoxina-a, microcistinas
Planktothrix spp.	Anatoxina-a, homoanatoxina-a, microcistinas
Raphidiopsis curvata	Cilindrospermopsina
Umezakia natans	Cilindrospermopsina

Cuadro 4 Cianotoxinas producidas por cianobacterias

Frecuentes vías de exposición

En la mayoría de casos se asocia al consumo del agua contaminadas, también al ducharse, por el consumo de complementos alimenticios elaborados a partir de algas, en este caso presenta alto riesgo para la salud humana. "El principal peligro de muchas de las cianotoxinas es la exposición repetida o crónica; no obstante, en algunos casos es más importante la toxicidad aguda (por ejemplo, en el caso de las especies tóxicas

Cianotoxina posiblemente, *Anabaena sp*. Anatoxina-a(S), anatoxina-a, microcistinas, saxitoxinas *Anabaenopsis millenii* Microcistinas *Aphanizomenon sp*. Anatoxina-a, saxitoxinas, cilindrospermopsina *Cylindrospermum sp*. Cilindrospermopsina, saxitoxinas, anatoxina-a Lyngbya spp. Saxitoxinas, lyngbyatoxinas *Microcystis sp*. Microcistinas, anatoxina-a (cantidades pequeñas) *Nodularia sp*. Nodularinas *Nostoc sp*. Microcistinas *Oscillatoria sp*. Anatoxina-a, microcistinas *Planktothrix sp*. Anatoxina-a, homoanatoxina-a, microcistinas *Raphidiopsis curvata* Cilindrospermopsina *Umezakia natans* Cilindrospermopsina lyngbyatoxinas, y las neurotoxinas saxitoxina y anatoxina). Han fallecido personas por el uso en diálisis renal de agua tratada inadecuadamente que contenía concentraciones altas de cianotoxinas. La exposición dérmica puede producir irritaciones de la piel y de las mucosas, así como reacciones alérgicas".

Migración hacia flujos o embalses de aguas cercanas a las zonas de cultivo

Se podrían generar diferentes situaciones:

- Desborde de agua en los cultivos debido a lluvias torrenciales.

- Desvío en las zonas de riego

Encharcamiento excesivo de los cultivos

Dicha migración a los cuerpos de agua cercanos puede ocasionar el cambio bioquímico de las condiciones en las que se encuentra el agua. Además de transportar consigo otro tipo de cianobacteria tóxica. Las cianobacterias están ampliamente extendidas y están presentes en diversos tipos de medios, incluidos los suelos, el agua de mar. Algunas condiciones medioambientales, como la luz solar, las temperaturas cálidas, la baja turbulencia y las altas concentraciones de nutrientes, pueden favorecer su proliferación . Ésta puede ocasionar, dependiendo el tipo o especie de cianobacteria, que la capa superficial del agua se torne de color verde debido a la cantidad de células en suspensión, y en algunos casos, la formación de capas superficiales de verdín. Estas acumulaciones de células pueden generar altas concentraciones de toxinas

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Redacción económica. 2012. Diario el nuevo día, 24 de julio 2012.http://www.elnuevodia.com.co/nuevodia/actualidad/economica/145699-Arroceros-tienen-seis-anos-para-mejorar-productividad.

Fedearroz. 2000. Manejo y conservación de suelos para la producción de arroz en Colombia. Fedearroz - Fondo Nacional del Arroz. Primera Edición. 78pp.

Fedearroz. 2012. http://www.fedearroz.com.co/apr_public.php. Consultado el 20 de julio del 2012.

USDA. 2012. Fertilizer Use. http://www.ers.usda.gov/Data/FertilizerUse. Consultado 19 abril del 2012.

Kennedy, I.R., Choudhury, A., Kecskés, M.L. 2004. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited? Soil Biology and Biochemistry 36, 1229-1244.

Adesemoye, A.O., Kloepper, J.W. 2009. Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. Applied Microbiology and Biotechnology 85, 1-12.

Ladha, J.K., Reddy, P.M. 2003. Nitrogen fixation in rice systems: state of knowledge and future prospects. Plant Soil 252, 151–167.

Seck, P. A., Diagne, A.. Mohanty, S., Wopereis, M. C. S. 2012. Crops that feed the world 7: Rice. Food Sec. 4, 7-24.

IRRI, AfricaRice, CIAT. 2010. Global Rice Science Partnership (GRiSP). November 2010.

Prasanna, R., Joshi, M., Rana, A., Shivay, Y. and Nain, L. 2012. Influence of coinoculation of bacteria-cyanobacteria on crop yield and C–N sequestration in soil under rice crop. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 28, 1223-1235.

Pereira, I., Ortega, R., Barrientos, L., Moya, M., Reyes, G., Kramm, V. 2009.
Development of a biofertilizer based on filamentous nitrogen-fixing cyanobacteria for rice crops in Chile. Journal of Applied Phycology, 21, 135-144.

Vaishampayan, A., Sinha, R.P., Ha¨der, D.-P., Dey, T., Gupta, A.K., Bhan, U., Rao, A.L., 2001. Cyanobacterial biofertilizers in rice agriculture. Bot. Rev. 67, 453-516

Innok, S., Chunleuchanon, S., Boonkerd, N. and Teaumroong, N., 2009.Cyanobacterial akinete induction and its application as biofertilizer for rice cultivation. Journal of Applied Phycology, 21, 737-744.

Jha, M. Prasad, A. 2006. Efficacy of New Inexpensive Cyanobacterial Biofertilizer Including its Shelf-life. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 22, 73-79.

Roger P.A. Kulasooriya S.A. 1980. Blue-green algae and rice. International Rice Research Institute: Los Baños, the Philippines.

Herrero A, Flores E. 2008. The cyanobacteria: molecular biology, genomics and evolution. Caister Academic Press, Norfolk, p 484

Hashem M.A. 2001. Problems and prospects of cyanobacterial biofertilizer for rice cultivation. Australian Journal of Plant Physiology 28, 881–888

Sharma, N., Tiwari, S., Tripathi, K. and Rai, A. 2011. Sustainability and cyanobacteria (blue-green algae): facts and challenges. Journal of Applied Phycology, 23, 1059-1081.

Häder, D.-P., Kumar, H.D., Smith, R.C., Worrest, R.C. 2007. Effects of solar UV radiation on aquatic ecosystems and interactions with climate change. Photo-chem. Photobiol. Sci. 6, 267-285.

Rai, A. K., Sharma, N. K. 2006. Phosphate metabolism in the cyanobacterium Anabaena doliolum under salt stress. Current microbiology 52, 6-12.

Prasanna R, Jaiswal P, Singh YV, Singh PK., 2008 Influence of biofertilizers and organic amendments on nitrogenase activity and phototrophic biomass of soil under wheat. Acta Agron Hung 56, 149-159

Singh, S. P., Häder, D. P., Sinha, R. P. 2010. Cyanobacteria and ultraviolet radiation (UVR) stress: mitigation strategies. Ageing research reviews 9, 79-90.

Song, T., MÃ¥rtensson, L., Eriksson, T., Zheng, W. and Rasmussen, U. 2005. Biodiversity and seasonal variation of the cyanobacterial assemblage in a rice paddy
field in Fujian, China. FEMS microbiology ecology 54, 131-140.

Roger P.A. and Kulasooriya S.A. 1980. Blue-green algae and rice. International Rice Research Institute: Los Baños, the Philippines.

Mishra, U., Pabbi, S. 2004. Cyanobacteria: A potential biofertilizer for rice. Resonance 9, 6-10.

Thomas, J. 1977. Biological nitrogen fixation. Nuclear India 1, 2-6

Choudhury, A., Kennedy, I.R. 2004. Prospects and potentials for systems of biological nitrogen fixation in sustainable rice production. Biology and Fertility of Soils39, 219-227.

Minhas, D.; and Grover, A. 1999. Transcript levels of genes encoding various glycolytic and fermentation enzymes change in response to abiotic stress. Plant Science 146, 41-51.